

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2006年4月20日 (20.04.2006)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2006/040823 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: B21B 37/00
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/015169
- (22) 国際出願日: 2004年10月14日 (14.10.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東芝三菱電機産業システム株式会社 (TOSHIBA MITSUBISHI-ELECTRIC INDUSTRIAL SYSTEMS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1080073 東京都港区三田三丁目13番16号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 佐野 光彦 (SANO, Mitsuhiro) [JP/JP]; 〒1080073 東京都港区三田三丁目13番16号 東芝三菱電機産業システム株式会社内 Tokyo (JP). 小原 一浩 (OHARA, Kazuhiro) [JP/JP]; 〒1080073 東京都港区三田三丁目13番16号 東芝三

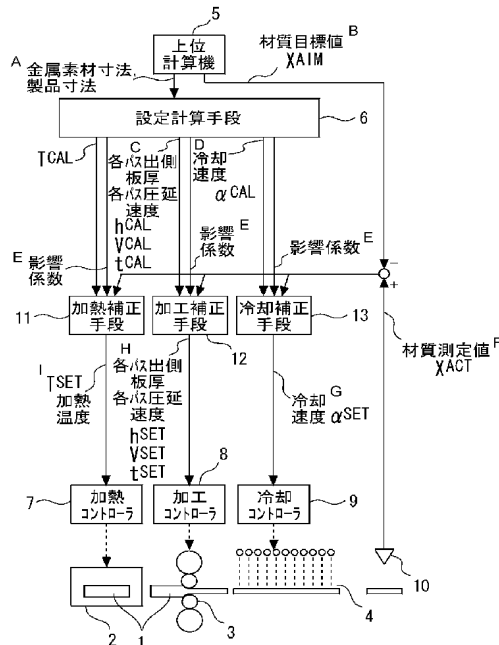
菱電機産業システム株式会社内 Tokyo (JP). 告野 昌史 (TSUGENO, Masashi) [JP/JP]; 〒1080073 東京都港区三田三丁目13番16号 東芝三菱電機産業システム株式会社内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 高田 守, 外 (TAKADA, Mamoru et al.); 〒1600007 東京都新宿区荒木町20番地 インテック 88ビル5階 特許業務法人 高田・高橋国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD,

[続葉有]

(54) Title: METHOD OF CONTROLLING MATERIAL QUALITY ON ROLLING, FORGING OR STRAIGHTENING LINE, AND APPARATUS THEREFOR

(54) 発明の名称: 圧延、鍛造又は矯正ラインの材質制御方法及びその装置



- A... METAL MATERIAL DIMENSIONS, PRODUCT DIMENSIONS
- B... MATERIAL QUALITY TARGET VALUE  $X^{AIM}$
- C... SHEET THICKNESS ON EACH PASS EXIT SIDE, ROLLING RATE IN EACH PASS,  $h^{CAL} \sqrt{v^{CAL} t^{CAL}}$
- D... COOLING RATE  $\alpha^{CAL}$
- E... INFLUENCE COEFFICIENT
- F... MATERIAL QUALITY MEASURED VALUE  $X^{ACT}$
- G... COOLING RATE  $\alpha^{SET}$
- H... SHEET THICKNESS ON EACH PASS EXIT SIDE, ROLLING RATE IN EACH PASS,  $h^{SET} \sqrt{v^{SET} t^{SET}}$
- I...  $T^{SET}$  HEATING TEMP.
- 5... HOST COMPUTER
- 6... SETTING COMPUTATION MEANS
- 7... HEATING CONTROLLER
- 8... MACHINING CONTROLLER
- 9... COOLING CONTROLLER
- 11... HEATING AMENDING MEANS
- 12... MACHINING AMENDING MEANS
- 13... COOLING AMENDING MEANS

(57) Abstract: It is intended to cause the material quality of product to accord with target values even when the predictive accuracy of material quality model is not satisfactorily high. In the production of a metal product with desired dimensional configuration through performing at least once of each of the heating step for heating a metal material, the machining step for rolling, forging or straightening the metal material and the cooling step of cooling the

[続葉有]



SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

metal material, the quality of metal material (1) is measured by means of material quality sensor (10) disposed on production line, and so as to cause the material quality at relevant measuring point to accord with target values, revisions based on measurement values are effected to the heating condition, machining condition or cooling condition of at least one step upstream of the material quality sensor.

(57) 要約: 材質モデルの予測精度が十分に良好でない場合にも、製品の材質を目標値に一致させることを目的とする。金属材料を加熱する加熱工程と、金属材料を圧延、鍛造若しくは矯正加工する加工工程と、金属材料を冷却する冷却工程とを各々少なくとも1回ずつ実施し、所望の寸法形状の金属製品を製造するにあたり、製造ライン内に設置された材質センサ10により金属材料1の材質を測定し、当該測定位置の材質が目標値に一致するように、測定値に基づき材質センサより上流の少なくとも一つの工程の加熱条件、加工条件又は冷却条件に修正を加える。

## 明 細 書

### 圧延、鍛造又は矯正ラインの材質制御方法及びその装置

#### 技術分野

- [0001] この発明は、金属素材を加熱する工程、圧延、鍛造又は矯正加工する工程、及び、冷却する工程を各々少なくとも1回ずつ実施し、所望の寸法形状の製品を製造する圧延、鍛造又は矯正ラインの材質制御方法及びその装置に関するものである。

#### 背景技術

- [0002] 鉄合金及びアルミニウム合金を始めとする金属材料において、機械的特性(強度、成形性、靱性等)、電磁的特性(透磁率等)などの材質は、その合金組成だけでなく、加熱条件、加工条件、及び、冷却条件によっても変化する。合金組成の調整は、成分元素の添加量を制御することで行うが、成分調整時のロット単位が大きく、個々の製品ごとに添加量を変更することは不可能である。したがって、所望の材質の製品を製造するためには、加熱条件、加工条件、及び、冷却条件を適正にし材質を造り込むことが極めて重要である。
- [0003] 従来、加熱、加工、及び、冷却の各条件に対し、加熱温度目標値、加工後の寸法目標値、冷却速度目標値などが製品仕様毎に長年に亘る経験に基づいて決められ、これを達成するように、温度制御及び寸法制御を行う方法が一般的であった。ところが、近年、製品仕様への要求の高度化、多様化が著しく、経験に基づく決め方ではこれら目標値を必ずしも適正に決めることができず、所望の材質が得られないケースが生じてきていた。
- [0004] このため、近年、加熱条件、加工条件及び冷却条件から製品の材質を推定する材質モデルを用い、製品の材質が目標値に一致するように各工程の加熱条件、加工条件及び冷却条件を計算により決定する制御方法が知られている(例えば、特許文献1参照)。
- [0005] 更に、圧延中に板厚、材料温度の実績値を採取し、これを材質予測モデルの入力データとすることで精度向上を図る方法が知られている。この方法は、圧延開始前に鋼材の成分値、圧延後の鋼材サイズ、鋼材材質保証値に基づき、材質モデルを用

いて加熱条件、圧延条件、冷却条件を決めるようになっており、さらに、加熱工程、粗圧延工程、及び、仕上圧延工程の後に板厚、材料温度、パス間時間、ロール径、ロール回転数の実績値が得られると、これら実測値に基づき、材質モデルを用いて次工程以降の圧延条件、又は、冷却条件予定を決め直すようにして、製品の材質のばらつきを抑えようとしている(例えば、特許文献2参照)。

[0006] 一方、材質モデルに代えてニューラルネットワークを用いた制御方法が知られている。この方法は、加工後または熱処理後の金属材料の有する特性を調べ教示データとしてニューラルネットワークに与えることにより、ニューラルネットワークによる予測精度の向上を図っている(例えば、特許文献3参照)。

[0007] 特許文献1: 日本特公平7-102378号公報

特許文献2: 日本特許第2509481号

特許文献3: 日本特開2001-349883号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0008] 上記のような材質モデルに基づく制御方法では、材質モデルの予測精度が製品の材質を目標値に一致させるためのキープポイントとなる。ところが、加熱条件、加工条件、及び、冷却条件と製品の材質の関係は極めて複雑であり、物理冶金学理論や熱力学データの活用に基づく理論式、実験式、又は、実操業データに基づく回帰式などが提案されているものの、いずれの材質モデルによっても、その予測精度は必ずしも十分ではなかった。とりわけ加熱条件、加工条件、冷却条件、又は、合金組成のいずれかが材質モデル同定の対象範囲から外れている場合(例えば合金組成について言えばC-Si-Mn系鉄鋼材料以外の多元系合金など)には、精度の悪化が著しかった。また、材質モデルを構成する多数に亘るモデル式の個々の精度は良好であっても、それらの誤差が積み重ねられるため、トータルの精度を良好に保つことは困難であった。これらのため、例え前記の材質モデルに基づく制御方法を用いたとしても、材質モデル自体の精度に起因して、製品の材質を目標値に一致させることが出来ないという問題点は依然として解決され得なかった。

[0009] 一方、材質モデルに変えてニューラルネットワークを用いた制御方法では、加工後

または熱処理後の金属材料の有する特性を調べ教示データとしてニューラルネットワークに与えることによりニューラルネットワークによる予測精度の向上を図っているが、前記のように加熱条件、加工条件、及び、冷却条件と製品の材質の関係は極めて複雑であり、これを精度よく模擬するためには多層に亘る大規模なニューラルネットワークが必要となり、その学習のために膨大な教示データを与えなければならず精度改善に時間がかかる問題点があった。勿論小規模なニューラルネットワークを用いれば教示データが少なく済むが、この場合は適用可能な操業範囲が限定されるという問題があった。

- [0010] この発明は、上述のような課題を解決するためになされたもので、材質モデルの予測精度が十分に良好でない場合にも、製品の材質を目標値に一致させることを目的としている。

#### 課題を解決するための手段

- [0011] この発明に係る圧延、鍛造又は矯正ラインの材質制御方法は、金属材料を加熱する加熱工程と、金属材料を圧延、鍛造若しくは矯正加工する加工工程と、金属材料を冷却する冷却工程とを各々少なくとも1回ずつ実施し、所望の寸法形状の金属製品を製造するにあたり、製造ライン内に設置された材質センサにより金属材料の材質を測定し、当該測定位置の材質が目標値に一致するように、測定値に基づき材質センサより上流の少なくとも一つの工程の加熱条件、加工条件又は冷却条件に修正を加えるようにしたものである。
- [0012] また、金属材料を加熱する加熱工程と、金属材料を圧延、鍛造若しくは矯正加工する加工工程と、金属材料を冷却する冷却工程とを各々少なくとも1回ずつ実施し、所望の寸法形状の金属製品を製造するにあたり、製造ライン内に設置された材質センサにより金属材料の材質を測定し、この測定値を、当該金属材料の加熱条件、加工条件及び冷却条件の実績に基づき材質モデルにより計算した当該測定位置の材質の推定値と比較し、この比較結果に基づいて前記材質モデルに修正を加え、以降は修正後の材質モデルを用いて前記各工程の加熱条件、加工条件及び冷却条件を決定するようにしたものである。
- [0013] また、金属材料を加熱する加熱工程と、金属材料を圧延、鍛造若しくは矯正加工

する加工工程と、金属材料を冷却する冷却工程とを各々少なくとも1回ずつ実施し、所望の寸法形状の金属製品を製造するにあたり、製造ライン内に設置された材質センサにより金属材料の材質を測定し、前記材質センサより下流の任意位置に設けられた材質管理ポイントにおける材質が目標値に一致するように、前記測定値に基づき前記材質センサより下流の少なくとも一つの工程の加熱条件、加工条件又は冷却条件を材質モデルを用いて計算するようにしたものである。

[0014] また、金属材料を加熱する加熱工程と、金属材料を圧延、鍛造若しくは矯正加工する加工工程と、金属材料を冷却する冷却工程とを各々少なくとも1回ずつ実施し、所望の寸法形状の金属製品を製造するにあたり、製造ライン内に設置された材質センサにより金属材料の材質を測定し、前記材質センサより下流の任意位置に設けられた材質管理ポイントにおける材質が目標値に一致するように、前記測定値に基づき前記材質センサより下流の少なくとも一つの工程の加熱条件、加工条件又は冷却条件に修正を加えるようにしたものである。

[0015] また、この発明に係る圧延、鍛造又は矯正ラインの材質制御装置は、金属材料を加熱する加熱手段、金属材料を圧延、鍛造若しくは矯正加工する加工手段、及び、金属材料を冷却する冷却手段とを各々少なくとも1つずつ備え、所望の寸法形状の金属製品を製造する製造ラインに接続され、上位計算機から与えられる金属材料の寸法形状、製品の目標寸法形状及び金属材料の組成等の情報に基づいて、前記加熱手段、前記加工手段、及び、前記冷却手段の設定値を計算し出力する設定計算手段と、前記設定値に基づいて加熱装置、加工装置、及び、冷却装置を操作する加熱コントローラ、加工コントローラ及び冷却コントローラを備えた制御装置において、製造ライン内に設置され金属材料の材質を測定する材質センサと、前記材質センサの測定値が目標値に一致するように、前記設定計算が前記材質センサより上流側の加熱手段、加工手段及び冷却手段に対して出力する設定値を補正する加熱補正手段、加工補正手段及び冷却補正手段とを備えたものである。

[0016] また、製造ライン内に設置され、金属材料の材質を測定する材質センサと、当該金属材料の加熱条件、加工条件及び冷却条件の実績に基づき材質モデルにより当該測定位置の材質を推定する材質モデル演算手段と、前記材質センサの測定値と前

記材質モデル演算手段の演算結果を比較し材質モデルの誤差を学習する材質モデル学習手段と、前記材質モデル学習手段の学習結果に基づき、前記材質モデル演算手段の演算結果に補正を加え、前記材質モデルに補正を加える材質モデル補正手段とを備え、前記設定計算手段は前記材質モデル補正手段の出力する修正後の材質推定値に基づき、前記加熱手段、前記加工手段、及び、前記冷却手段の設定値を計算し出力するようにしたものである。

[0017] また、製造ライン内に設置され金属材料の材質を測定する材質センサと、前記材質センサの測定値に基づき前記材質センサより下流の任意の位置に設けられた材質管理ポイントにおける材質を材質モデルにより推定する材質モデル演算手段とを備え、前記設定計算手段は、前記材質モデル演算手段の演算結果が上位計算機から与えられる材質目標値に一致するように、前記加熱手段、前記加工手段、及び、前記冷却手段の設定値を計算し出力するようにしたものである。

[0018] また、製造ライン内に設置され金属材料の材質を測定する材質センサと、前記材質センサより下流の任意位置に設けられた材質管理ポイントにおける材質が上位計算機から与えられる目標値に一致するように、前記設定計算が前記材質センサより下流側の加熱手段、加工手段及び冷却手段に対して出力する設定値を補正する加熱補正手段、加工補正手段及び冷却補正手段とを備えたものである。

#### 発明の効果

[0019] この発明によれば、材質センサの測定位置の材質が目標値に一致するように制御を行うことが可能となる。また、以降に加工される材料において、材質センサの測定位置の材質が目標値に一致するように制御を行うことが可能になる。また、材質センサ位置における材質のバラツキに起因する材質推定誤差をなくことができ、材質制御ポイントにおける材質が目標値に一致するように制御を行うことが可能となる。さらに、材質センサ位置における材質のバラツキに起因する材質推定誤差をなくことができ、材質制御ポイントにおける材質を一定に保つように制御を行うことが可能となる。

#### 図面の簡単な説明

[0020] [図1]図1はこの発明の実施例1の圧延、鍛造又は矯正ラインの材質制御方法及びそ

の装置を示すブロック図である。

[図2]図2はこの発明の実施例2の圧延、鍛造又は矯正ラインの材質制御方法及びその装置を示すブロック図である。

[図3]図3はこの発明の実施例3の圧延、鍛造又は矯正ラインの材質制御方法及びその装置を示すブロック図である。

[図4]図4はこの発明の実施例4の圧延、鍛造又は矯正ラインの材質制御方法及びその装置を示すブロック図である。

[図5]図5はこの発明の前提となる従来の圧延、鍛造又は矯正ラインの材質制御方法及びその装置を示すブロック図である。

### 符号の説明

- [0021]
- 1 金属素材からなる被圧延材
  - 2 加熱装置
  - 3 圧延機等の加工装置
  - 4 冷却装置
  - 5 上位計算機
  - 6 設定計算手段
  - 7 加熱コントローラ
  - 8 加工(圧延)コントローラ
  - 9 冷却コントローラ
  - 10 材質センサ
  - 11 加熱補正手段
  - 12 加工補正手段
  - 13 冷却補正手段
  - 14 材質モデル
  - 15 材質モデル学習手段
  - 16 材質モデル補正手段

### 発明を実施するための最良の形態

- [0022] この発明をより詳細に説明するために、添付の図面に従って実施例を説明する。こ



の実施例では、金属製品製造ラインの一例として鉄鋼材料の圧延ラインを挙げるが、金属素材に対し、加熱、加工、及び、冷却の各工程を少なくとも1回ずつ実施し、所望の寸法形状の製品を製造する鍛造又は矯正等の製造ラインについても同様にこの発明を適用することが可能である。

[0023] 図5は、この発明の前提となる従来の圧延、鍛造又は矯正ラインの材質制御方法及びその装置を示すブロック図である。図5に示すように、鉄合金やアルミニウム合金等の金属素材からなる被圧延材1は、加熱装置2で加熱された後、圧延機等の加工装置3により加工され所望の寸法形状の製品となり、その後冷却装置4で冷却され製品となる。なお、加熱装置2、加工装置3、及び、冷却装置4は各々複数あってもよく、また配置順序も任意である。加熱装置2は燃料ガスを燃焼させて材料を加熱するのが一般的であるが、誘導加熱により材料を加熱するもの等を用いることも出来る。加熱後の材料温度は金属素材の合金組成、加工方法、及び要求される製品仕様により異なるが、例えば、鋼材を熱間又は温間で圧延し薄板を製造する場合には、500〜1300℃程度とする。また、アルミニウムを熱間又は温間で圧延し薄板を製造する場合には、150〜600℃程度とする。加工装置3にはリバース圧延機またはタンデム圧延機を用いるが、代わりに鍛造機又は矯正機等を用いることも出来る。圧延機にはロールを駆動するモータドライブ装置、ロールの開度を変更する圧下装置などが備えられているが図示省略する。また、圧延機はそのロール回転方向を逆転させることにより、材料を複数回変形させることができる。冷却装置4は、上下に多数設置した配管から材料表面に冷却水をかけ、材料の温度を低下させる。冷却水配管には流量調整バルブがありこの開度を変更することにより冷却速度を変えることが出来る。

この圧延設備の制御にあたっては、まず、上位計算機5から設定計算手段6に対して、金属素材の寸法形状、製品の目標寸法形状、金属素材の組成(合金成分の含有率)等の目標値が与えられる。設定計算手段6は、これら上位計算機5からの情報に基づいて、製品の寸法形状を目標値に一致させるように、種々の制約条件を考慮して、加熱条件、加工条件、及び、冷却条件等を決定する。加熱条件とは、加熱温度 $T^{CAL}$ 、加熱時間等である。加工条件とは圧延機の各パス出側板厚(パススケジュール) $h^{CAL}$ 、各パス圧延速度(ロール回転速度) $V^{CAL}$ 、パス間待機期間 $t^{CAL}$ 等である。ま

た、冷却条件とは圧延機下流の冷却装置4における冷却速度 $\alpha^{\text{CAL}}$ 等である。制約条件については、例えば、圧下装置の圧延荷重定格の制約、モータパワーの制約、ロールへの噛込み角の制約、板の平坦度を良好に保つための圧延荷重に対する操業上の制約、及び、モータ最大回転数の制約等がある。制約条件下での求解の数学的手法は、線形計画法、ニュートン法など様々なものが知られており、求解の安定性、収束速度などに配慮して選定すればよい。このようなパススケジュール計算法として、例えば日本特許第2635796号に開示されている方法がある。加熱コントローラ7は、設定計算手段6の結果に基づき、加熱炉へ供給する燃料ガスの流量を操作したり、誘導加熱装置の電力量を操作したり、又は、材料の炉内滞在時間を変更することにより材料への入熱量を調整する。加工(圧延)コントローラ8は、設定計算手段6の結果に基づき、ロール開度、ロール速度などを操作する。冷却コントローラ9は、設定計算手段6の結果に基づき、冷却水の流量、圧力を操作し冷却装置の冷却速度を変化させる。

#### 実施例 1

[0024] 図1は、この発明の実施例1の圧延、鍛造又は矯正ラインの材質制御方法及びその装置を示すブロック図である。

設定計算手段6、加熱コントローラ7、加工コントローラ8、冷却コントローラ9、加熱装置2、加工装置3及び冷却装置4の作用は、この発明の前提となる従来のものと同様である。

ライン内の加熱装置2、加工装置3、及び、冷却装置4の少なくともいずれか1つより下流側の任意の位置に材質センサ10を設置する。なお、材質センサ10より上流側の加熱装置2、加工装置3、及び、冷却装置4は各々複数あってもよく、また配置順序も任意である。この材質センサ10は耐久性等の観点から非接触、非破壊のものが望ましく、透磁率などの材質を直接測定するものの他、電気抵抗、超音波の伝播特性、放射線の散乱特性など材質と強い相関を示す物理量を検出し、結晶粒径、成形性などの材質に換算することで間接的に測定するものを用いることが出来る。このような材質センサ10は様々なものがあり、例えば、日本特開昭57-57255号には、材料内に打ち込んだ超音波の強度変化又は伝播速度の検出値に基づいて材料の結晶

粒径又は集合組織を測定する方法が開示されている。なお、超音波の送受信には近年開発されたレーザ超音波装置、又は電磁超音波装置などを用いることができ、例えば、日本特開2001-255306号には、レーザ超音波装置の一例が開示されている。レーザ超音波装置は材料表面から材質センサまでの距離を長く取ることが出来る特徴があり、とりわけ熱間測定、及び、オンライン測定を行う必要がある場合には利用価値が高い。また、日本特開昭56-82443号には、磁束検出器で検出される磁束強度から鋼材の変態量を測定する装置が開示されている。さらに、日本特公平6-87054号には、電磁超音波を利用したランクフォード値の測定方法が開示されている。

上位計算機5から設定計算手段6に対しては、金属素材の寸法形状、製品の目標寸法形状、金属素材の組成(合金成分の含有率)等の目標値に加え、材質センサ10による材質測定位置で達成すべき材質の目標値が与えられる。この材質とは、例えば、引張り強さ、耐力、靱性、及び、延性などの機械的特性、透磁率などの電磁気的特性、或いは、それらと強い相関を持つ結晶粒径、結晶方位の配向性、各種の結晶組織の存在比率のうちのいくつかである。

加熱補正手段11は、材質センサ10の測定値に基づいて加熱温度を補正し、加熱コントローラ7に出力する。この補正は、例えば次式により行う。

[0025] [数1]

$$T^{SET} = T^{CAL} - \frac{w_1 \cdot K_1}{\left(\frac{\partial X}{\partial T}\right)} \cdot (X^{ACT} - X^{AIM}) \quad (1)$$

ここで、

$T^{SET}$	補正後の加熱温度設定値(℃)
$T^{CAL}$	補正前の加熱温度設定値(=設定計算値)(℃)
$X^{ACT}$	材質センサの測定値
$X^{AIM}$	材質目標値
$\left(\frac{\partial X}{\partial T}\right)$	影響係数
$K_1$	ゲイン(-)
$w_1$	重み係数(-)

である。なお、ゲイン $K_1$ は加熱装置2の応答等を考慮して決める。また、重み係数 $w_1$ は、操業の安定性等を勘案し、他の加熱補正手段11、加工補正手段12、及び、冷却補正手段13での補正とのバランスを考慮して決める。影響係数は次のように材質モデル(後述)を数値微分することにより得られる。

[0026] [数2]

$$\left(\frac{\partial X}{\partial T}\right) = \frac{X^+ - X^-}{2 \cdot \Delta T} \quad (2)$$

ここで、

$\Delta T$  微小変化量 (°C)

$X^+$  加熱温度を  $\Delta T$  大きくした場合について、材質モデルにより計算した、材質センサ位置到達時の材質

$X^-$  加熱温度を  $\Delta T$  小さくした場合について、材質モデルにより計算した、材質センサ位置到達時の材質

である。この影響係数の計算は実際の操業条件（材料温度など）に基づき使いオンラインで計算することが望ましいが、ゲイン  $K_1$  を低めにすれば、標準的な操業条件に基づき予めオフラインで計算しておいた値を用いることも可能である。

[0027] なお、誘導加熱による加熱装置を用いると、半導体回路等によりコイルに供給する電力量を変更することにより材料の昇温量を素早く調整することができるので、ゲイン  $K_1$  を高めることができ、より精度の良い材質制御を行うことができ好適である。

[0028] 次に、加工補正手段12は、材質センサ10の測定値に基づいて加工装置3の各パスの変形量、各パスの変形速度、及び、各パスの加工間隔等の加工条件が適正になるように、各パス出側板厚  $h^{CAL}$ 、各パスの圧延速度  $V^{CAL}$ 、又は、パス間待機時間  $t^{CAL}$  を補正し、加工コントローラ8に出力する。例えば、いずれかのパス間時間  $t^{CAL}$  を補正する場合には、次式により行う。

[0029] [数3]

$$t^{SET} = t^{CAL} - \frac{w_2 \cdot K_2}{\left(\frac{\partial X}{\partial t}\right)} \cdot (X^{ACT} - X^{AIM}) \quad (3)$$

ここで、

$t^{SET}$  補正後のパス間時間設定値(sec)

$t^{CAL}$  補正前のパス間時間設定値 (= 設定計算値) (sec)

$X^{ACT}$  材質センサの測定値

$X^{AIM}$  材質目標値

$\left(\frac{\partial X}{\partial t}\right)$  影響係数

$K_2$  ゲイン (-)

$w_2$  重み係数 (-)

である。なお、ゲイン  $K_2$  は当該パスから材質センサ10までの搬送による制御遅れ時間等を考慮して決める。また、重み係数  $w_2$  は、操業の安定性等を勘案し、他の加熱補正手段11、加工補正手段12、及び、冷却補正手段13での補正とのバランスを考慮して決める。影響係数は次のように材質モデル（後述）を数値微分することにより得られる。

[0030] [数4]

$$\left(\frac{\partial X}{\partial t}\right) = \frac{X^+ - X^-}{2 \cdot \Delta t} \quad (4)$$

ここで、

$\Delta t$  微小変化量 (°C)  
 $X^+$  パス間時間を  $\Delta t$  大きくした場合について、材質モデルにより計算した材質センサ位置到達時の材質  
 $X^-$  パス間時間を  $\Delta t$  小さくした場合について、材質モデルにより計算した材質センサ位置到達時の材質

である。

[0031] なお、各パス出側板厚  $h^{CAL}$ 、各パスの圧延速度  $V^{CAL}$  を補正する場合もほぼ同様である。

[0032] 更に、冷却補正手段13は、材質センサ10の測定値に基づいて例えば冷却速度を補正し、冷却コントローラ9へ出力する。この補正は、例えば次式により行う。

[0033] [数5]

$$\alpha^{SET} = \alpha^{CAL} - \frac{w_3 \cdot K_3}{\left(\frac{\partial X}{\partial \alpha}\right)} \cdot (X^{ACT} - X^{AIM}) \quad (5)$$

ここで、

$\alpha^{SET}$  補正後の冷却速度設定値 (°C/s)  
 $\alpha^{CAL}$  補正前の冷却速度設定値 (= 設定計算値) (°C/s)  
 $X^{ACT}$  材質センサの測定値  
 $X^{AIM}$  材質目標値  
 $\left(\frac{\partial X}{\partial \alpha}\right)$  影響係数  
 $K_3$  ゲイン (-)  
 $w_3$  重み係数 (-)

である。なお、ゲイン  $K_3$  は冷却装置4のバルブ応答等を考慮して決める。また、重み係数  $w_3$  は、操業の安定性等を勘案し、他の加熱補正手段11、加工補正手段12、及び、冷却補正手段13での補正とのバランスを考慮して決める。影響係数は数値微分法を用いて次式により計算できる。

[0034] [数6]

$$\left(\frac{\partial X}{\partial \alpha}\right) = \frac{X^+ - X^-}{2 \cdot \Delta \alpha} \quad (6)$$

ここで、

$\Delta \alpha$  微小変化量 (°C/s)  
 $X^+$  冷却速度を  $\Delta \alpha$  大きくした場合について、材質モデルにより計算した、材質センサ位置到達時の材質  
 $X^-$  冷却速度を  $\Delta \alpha$  小さくした場合について、材質モデルにより計算した、材質センサ位置到達時の材質

である。

[0035] ところで、熱間圧延ラインには圧延機の出側に流量可変の多数の冷却水ノズルを

配列した冷却装置が配置されていることが多く、とりわけ鉄系合金、アルミニウム系合金、銅系合金、及び、チタン系合金等では、この冷却装置の各ノズルの流量を変更することにより冷却速度とそのパターンを変化させ、多様な特性を持つ製品を作り分けることが可能であり、この冷却装置の制御が極めて重要である。このような場合には、加工工程と冷却工程の間及び冷却工程の出側の両方若しくはいずれか片方に材質センサを設置することにより、制御遅れを最小限にすることができるので、より精度の良い制御ができる。勿論冷却工程の間に材質センサを設置することもできるが、この場合は冷却水の飛沫等による測定値への外乱を除く対策が必須となる。

[0036] なお、上記において材質モデルは、パススケジュール、ロール速度、材料温度等を入力条件とし、ライン内での材質変化を予測計算するもので、様々なものが提案されており、静的再結晶、静的回復、動的再結晶、動的回復、粒成長などを表す数式群からなるものが広く知られている。一例として、「塑性加工技術シリーズ7 板圧延」、コロナ社、p.198-229に掲載されているものがある。この教科書には、理論式とその原典が記載されている。但し、このような理論式が確立されているのは多岐に亘る合金種のうちの一部に過ぎず、未だ理論式が確立されていない合金種も多い。このような場合には実操業データに基づき、統計的处理により導かれた簡易モデルで代用する。このような簡易モデルは例えば、「材料とプロセス」、財団法人日本鉄鋼協会、2004年Vol.17、p.227に掲載されているものがある。

以上述べたような構成とすることにより、製造ライン内に設置された材質センサ10による材質の測定値に基づいて、当該測定位置の材質が目標値に一致するように加熱装置2、加工装置3及び冷却装置4を制御することが可能となる。

## 実施例 2

[0037] 図2は、この発明の実施例2の圧延、鍛造又は矯正ラインの材質制御方法及びその装置を示すブロック図である。

材質センサ10、加熱装置2、加工装置3、冷却装置4、加熱コントローラ7、加工コントローラ8、及び冷却コントローラ9は実施例1のものと同様である。また、上位計算機5からは、実施例1と同様、金属素材の寸法、製品寸法等に加え、材質センサ10位置における材質の目標値 $X^{AIM}$ が与えられる。材質モデル14は設定計算手段6から製

造条件が与えられ、上位計算機5から出側材質基準値 $X^{REF}$ が与えられる。

材質モデル学習手段15は、材質センサ10による測定値 $X^{ACT}$ を、材質モデルによる当該測定位置の材質推定値 $X^{MDL}$ と比較し、この比較結果に基づいて材質モデル補正手段16において材質モデル推定値 $X^{MDL}$ に修正を加える。この材質モデルは、実施例1と同様である。

材質モデルの修正は、例えば次のように行う。

まず、材質モデルの学習による補正項(以降、学習項と記す)Zを用意する。Zの初期値はゼロとしておく。

材質センサ10による測定値が得られると、材質センサ10による測定値 $X^{ACT}$ と学習による補正を加える前の材質モデルによる材質推定値 $X^{MDL}$ の偏差 $\delta$ をとる。

[0038] [数7]

$$\delta = X^{ACT} - X^{MDL} \quad (7)$$

この偏差を指数平滑法により前回の学習後の学習項の値と平滑し学習結果とする。

[0039] [数8]

$$Z = (1 - \beta) \cdot Z + \beta \cdot \delta \quad (8)$$

ここで、 $\beta$ は、学習ゲインであり0～1.0の範囲である。1.0に近いほど学習速度が速くなるが異常値の影響を受けやすくなり通常は0.3～0.4程度にすることが多い。

以降、設定計算においては、材質モデルによる推定値 $X^{MDL}$ を次式により補正した値を材質推定値 $X^{CAL}$ として用いる。

[0040] [数9]

$$X^{CAL} = X^{MDL} + Z \quad (9)$$

このように材質センサ10による材質の測定値に基づいて材質モデルの学習を行うことにより、操業を続けるにつれ、材質モデルの精度を徐々に高めることができ、製品又は中間製品の材質が目標値に一致するように加熱装置2、加工装置3及び冷却装置4を制御することが可能となる。

なお、材質モデルの学習項の更新方法は前記の指数平滑法に限らず、例えば、目

標板厚、目標板幅、合金種などを層別キーとするデータベースに学習結果を保存する層別学習法や、同様のパラメータと前記の材質偏差  $\delta$  を教示データとするニューラルネットワークによる学習法を用いることができる。

### 実施例 3

[0041] 図3は、この発明の実施例3の圧延、鍛造又は矯正ラインの材質制御方法及びその装置を示すブロック図である。

設定計算手段6、加熱コントローラ7、加工コントローラ8、冷却コントローラ9、加熱装置2、加工装置3及び冷却装置3の作用は、この発明の前提となる従来のものと同様である。

ライン内の加熱装置2、加工装置3、又は、冷却装置4の少なくともいずれか一つより上流の任意の位置に材質センサ10を設置する。なお、材質センサ10より下流側の加熱装置2、加工装置3、及び、冷却装置4は各々複数あってもよく、また配置順序も任意である。

また、ライン内の材質センサ10より下流側の任意の点を材質制御ポイントとする。なお、リバース式圧延機の場合には、材質センサ10により材質を測定したパスよりも後のパスであれば、物理的な機器配置に関わらず、ライン上の任意の位置を材質制御ポイントとすることができる。上位計算機5から設定計算手段6に対しては、金属素材の寸法形状、製品の目標寸法形状、金属素材の組成(合金成分の含有率)等に加え、材質制御ポイントにおいて要求される材質の目標値 $X^{AIM}$ が与えられる。

なお、材質制御ポイントにおける目標材質は、材質センサ10で検出する材質と異なる種類の材質でもよい。例えば、鉄鋼のホットストリップミルにおいて、仕上圧延機出側のオーステナイト粒径と、巻取機入側のフェライト粒径には強い相関があるので、仕上圧延機出側に設置した材質センサでオーステナイト粒径を検出し、巻取機入側の材質制御ポイントにおけるフェライト粒径を目標値に一致させるように制御するようにする。

材質モデル14は、実施例1に示したものと同様であり、設定計算手段6から加熱装置2、加工装置3、及び、冷却装置4の操業条件が与えられると、入側材質基準値 $Y^{ACT}$ を基点として材質制御ポイントにおける材質推定値 $X^{CAL}$ を計算する。



設定計算手段6は、前記諸制約条件に加えて、材質制御ポイントの材質推定値 $X^{CAL}$ を目標値 $X^{AIM}$ に一致させるという条件を満足するように、材質モデル14を用いて加熱装置2、加工装置3、及び、冷却装置4の設定値を決定する。

例えば、次のような修正操作を数回繰り返すことにより上記条件を満たす加熱条件、加工条件、及び、冷却条件を得ることが出来る。

まず、加熱装置の加熱温度設定値については、次のように修正する。

[0042] [数10]

$$T^{CAL} \leftarrow T^{CAL} - \frac{w_1 \cdot K_1}{\left(\frac{\partial X}{\partial T}\right)} \cdot (X^{CAL} - X^{AIM}) \quad (10)$$

ここで、

$T^{CAL}$	加熱温度設定値 (°C)
$X^{CAL}$	入側材質測定値 $Y^{ACT}$ を基点として材質モデルにより計算した材質制御ポイントでの材質の推定値
$X^{AIM}$	材質制御ポイントでの材質の目標値
$\left(\frac{\partial X}{\partial T}\right)$	影響係数
$K_1$	ゲイン (-)
$w_1$	重み係数 (-)

である。なお、ゲイン $K_1$ 、重み係数 $w_1$ は、第1の実施形態と同様に決める。影響係数は次のように材質モデルを数値微分することにより得られる。

[0043] [数11]

$$\left(\frac{\partial X}{\partial T}\right) = \frac{X^+ - X^-}{2 \cdot \Delta T} \quad (11)$$

ここで、

$\Delta T$	微小変化量 (°C)
$X^+$	加熱温度を $\Delta T$ 大きくした場合について、材質モデルにより計算した、材質制御ポイントの材質
$X^-$	加熱温度を $\Delta T$ 小さくした場合について、材質モデルにより計算した、材質制御ポイントの材質

である。

[0044] 次に、加工装置の各パスの変形量、各パスの変形速度、及び、各パスの加工間隔等の加工条件が適正になるように、各パスの出側板厚 $h^{CAL}$ 、各パスの圧延速度 $V^{CAL}$ 、又は、パス間待機時間 $t^{CAL}$ を修正する。例えば、いずれかのパス間時間 $t^{CAL}$ を修正する場合には、次式により行う。

[0045] [数12]

$$t^{CAL} \leftarrow t^{CAL} - \frac{w_2 \cdot K_2}{\left(\frac{\partial X}{\partial t}\right)} \cdot (X^{CAL} - X^{AIM}) \quad (12)$$

ここで、

$t^{CAL}$	パス間時間設定値 (sec)
$X^{CAL}$	材質モデルによる材質制御ポイントでの材質の推定値
$X^{AIM}$	材質制御ポイントでの材質の目標値
$\left(\frac{\partial X}{\partial t}\right)$	影響係数
$K_2$	ゲイン (-)
$w_2$	重み係数 (-)

である。なお、ゲイン  $K_2$ 、重み係数  $w_2$  は、第1の実施形態と同様に決める。  
影響係数は次のように材質モデルを数値微分することにより得られる。

[0046] なお、各パス出側板厚  $h^{CAL}$ 、各パスの圧延速度  $V^{CAL}$  を補正する場合もほぼ同様である。

[0047] [数13]

$$\left(\frac{\partial X}{\partial t}\right) = \frac{X^+ - X^-}{2 \cdot \Delta t} \quad (13)$$

ここで、

$\Delta t$	微小変化量 (°C)
$X^+$	パス間時間を $\Delta t$ 大きくした場合について、材質モデルにより計算した材質制御ポイント到達時の材質
$X^-$	パス間時間を $\Delta t$ 小さくした場合について、材質モデルにより計算した材質制御ポイント到達時の材質

である。

[0048] 更に、冷却速度を補正修正する。この修正は、例えば次式により行う。

[0049] [数14]

$$\alpha^{CAL} \leftarrow \alpha^{CAL} - \frac{w_3 \cdot K_3}{\left(\frac{\partial X}{\partial \alpha}\right)} \cdot (X^{CAL} - X^{AIM}) \quad (14)$$

ここで、

$\alpha^{CAL}$	冷却速度設定値 (°C/s)
$X^{CAL}$	材質モデルによる材質制御ポイントでの材質の推定値
$X^{AIM}$	材質目標値
$\left(\frac{\partial X}{\partial \alpha}\right)$	影響係数
$K_3$	ゲイン (-)
$w_3$	重み係数 (-)

である。なお、ゲイン  $K_3$ 、重み係数  $w_3$  は、第1の実施形態と同様に決める。  
影響係数は次のように材質モデルを数値微分することにより得られる。

[0050] [数15]

$$\left(\frac{\partial X}{\partial \alpha}\right) = \frac{X^+ - X^-}{2 \cdot \Delta \alpha} \quad (15)$$

ここで、

$\Delta \alpha$  微小変化量 (°C/s)

$X^+$  冷却速度を  $\Delta \alpha$  大きくした場合について、材質モデルにより計算した、材質制御ポイント到達時の材質

$X^-$  冷却速度を  $\Delta \alpha$  小さくした場合について、材質モデルにより計算した、材質制御ポイント到達時の材質

である。

[0051] 以上述べたような構成とすることにより、製造ライン内に設置された材質センサによる素材又は中間製品の材質の測定値に基づいて、材質制御ポイントにおける材質が目標値に一致するように加熱装置、加工装置及び冷却装置を制御することが可能となる。

#### 実施例 4

[0052] 図4は、この発明の実施例4の圧延、鍛造又は矯正ラインの材質制御方法及びその装置を示すブロック図である。

設定計算手段6、加熱コントローラ7、加工コントローラ8、冷却コントローラ9、加熱装置2、加工装置3及び冷却装置3の作用は、この発明の前提となる従来のものと同様である。また、実施例3と同様に、入側材質基準値 $Y^{REF}$ が与えられる。

材質モデル14は、実施例1に示したものと同様であり、設定計算手段6から加熱装置2、加工装置3、及び、冷却装置4の操業条件が与えられると、入側材質基準値 $Y^{REF}$ を基点として材質制御ポイントにおける材質推定値 $X^{CAL}$ を計算する。

材料が材質センサ位置に到達する以前に、設定計算手段6は、この発明の前提となる従来のものと同様に加熱装置2、加工装置3、及び、冷却装置4の設定値を決定する。材料が材質センサ位置に到達し材質センサ位置の材質実測値(以下、入側材質測定値 $Y^{ACT}$ と記す)が得られると、これを、前記入側材質基準値 $Y^{REF}$ と比較する。その比較結果に基づき、加熱補正手段、加工補正手段、及び、冷却補正手段は、設定計算による加熱温度、各パス出側板厚、各パス圧延温度、及び、冷却速度などの設定値に対して補正を加える。

加熱補正手段11は、材質センサ10の測定値に基づいて加熱温度を補正し、加熱コントローラ7に出力する。この補正は、例えば次式により行う。

[0053] [数16]

$$T^{SET} = T^{CAL} - \frac{w_1 \cdot K_1}{\left(\frac{\partial X}{\partial T}\right)} \cdot \left(\frac{\partial X}{\partial Y}\right) \cdot (Y^{ACT} - Y^{REF}) \quad (16)$$

ここで、

$T^{SET}$	補正後の加熱温度設定値(℃)
$T^{CAL}$	補正前の加熱温度設定値(=設定計算値)(℃)
$Y^{ACT}$	材質センサの測定値
$Y^{REF}$	材質目標値
$\left(\frac{\partial X}{\partial T}\right)$	影響係数
$\left(\frac{\partial X}{\partial Y}\right)$	影響係数
$K_1$	ゲイン(-)
$w_1$	重み係数(-)

である。なお、ゲイン  $K_1$ 、重み係数  $w_1$ 、影響係数  $\left(\frac{\partial X}{\partial T}\right)$  は、第1の実施形態と同様に決める。  
 影響係数  $\left(\frac{\partial X}{\partial Y}\right)$  は次のように材質モデル(後述)を数値微分することにより得られる。

[0054] [数17]

$$\left(\frac{\partial X}{\partial Y}\right) = \frac{X^+ - X^-}{2 \cdot \Delta Y} \quad (17)$$

ここで、

$\Delta Y$	材質センサ位置での材質Yの微小変化量
$X^+$	加熱温度を $\Delta Y$ 大きくした場合について、材質モデルにより計算した、材質センサ位置到達時の材質
$X^-$	加熱温度を $\Delta Y$ 小さくした場合について、材質モデルにより計算した、材質センサ位置到達時の材質

である。この計算は実際の操作条件(材料温度など)に基づき使いオンラインで計算することが望ましいが、ゲインを低めにすれば、標準的な操作条件に基づき予めオフラインで計算しておいた値を用いることも可能である。

[0055] 次に、加工補正手段12は、材質センサ10の測定値に基づいて加工装置3の各パスの変形量、各パスの変形速度、及び、各パスの加工間隔等の加工条件が適正になるように、各パス出側板厚  $h^{CAL}$ 、各パスの圧延速度  $V^{CAL}$ 、又は、パス間待機時間  $t^{CAL}$  を補正し、加工コントローラ8に出力する。例えば、いずれかのパス間時間を補正する場合には、次式により行う。

[0056] [数18]

$$t_{SET} = t_{CAL} - \frac{w_2 \cdot K_2}{\left(\frac{\partial X}{\partial t}\right)} \cdot \left(\frac{\partial X}{\partial Y}\right) \cdot (Y^{ACT} - Y^{REF}) \quad (18)$$

ここで、

$t_{SET}$	補正後のパス間時間設定値(sec)
$t_{CAL}$	補正前のパス間時間設定値 (= 設定計算値) (sec)
$Y^{ACT}$	材質センサの測定値
$Y^{REF}$	材質目標値
$\left(\frac{\partial X}{\partial Y}\right)$	影響係数
$\left(\frac{\partial X}{\partial t}\right)$	影響係数
$K_2$	ゲイン(-)
$w_2$	重み係数(-)

である。ゲイン  $K_2$ 、重み係数  $w_2$ 、影響係数  $\left(\frac{\partial X}{\partial t}\right)$  は、第 1 の実施形態と同様に決める。影響係数  $\left(\frac{\partial X}{\partial Y}\right)$  は加熱補正手段の場合と同様に計算する。

[0057] 更に、冷却補正手段 12 は、材質センサ 10 の測定値に基づいて例えば冷却速度を補正し、冷却コントローラ 9 へ出力する。この補正は、例えば次式により行う。

[0058] [数 19]

$$\alpha_{SET} = \alpha_{CAL} - \frac{w_3 \cdot K_3}{\left(\frac{\partial X}{\partial \alpha}\right)} \cdot \left(\frac{\partial X}{\partial Y}\right) \cdot (Y^{ACT} - Y^{REF}) \quad (19)$$

ここで、

$\alpha_{SET}$	補正後の冷却速度設定値(°C/s)
$\alpha_{CAL}$	補正前の冷却速度設定値 (= 設定計算値) (°C/s)
$Y^{ACT}$	材質センサの測定値
$Y^{REF}$	材質目標値
$\left(\frac{\partial X}{\partial Y}\right)$	影響係数
$\left(\frac{\partial X}{\partial \alpha}\right)$	影響係数
$K_3$	ゲイン(-)
$w_3$	重み係数(-)

である。なお、ゲイン  $K_3$ 、重み係数  $w_3$ 、影響係数  $\left(\frac{\partial X}{\partial \alpha}\right)$  は、第 1 の実施形態と同様に決める。影響係数  $\left(\frac{\partial X}{\partial Y}\right)$  は加熱補正手段の場合と同様に計算する。

[0059] 以上述べたような構成とすることにより、製造ライン内に設置された材質センサによる素材又は中間製品の材質の測定値に基づいて、材質制御ポイントの材質が目標値に一致するように加熱装置、加工装置及び冷却装置を制御することが可能となる。産業上の利用可能性

[0060] この発明の圧延、鍛造又は矯正ラインの材質制御方法及びその装置は、特に、レーザ超音波による結晶粒径センサと誘導加熱装置を用いた鉄鋼熱間圧延ラインの材質制御に適用することができる。

### 請求の範囲

- [1]      金属材料を加熱する加熱工程と、金属材料を圧延、鍛造若しくは矯正加工する加工工程と、金属材料を冷却する冷却工程とを各々少なくとも1回ずつ実施し、所望の寸法形状の金属製品を製造するにあたり、製造ライン内に設置された材質センサにより金属材料の材質を測定し、当該測定位置の材質が目標値に一致するように、前記測定値に基づき前記材質センサより上流の少なくとも一つの工程の加熱条件、加工条件又は冷却条件に修正を加えることを特徴とする圧延、鍛造又は矯正ラインの材質制御方法。
- [2]      金属材料を加熱する加熱工程と、金属材料を圧延、鍛造若しくは矯正加工する加工工程と、金属材料を冷却する冷却工程とを各々少なくとも1回ずつ実施し、所望の寸法形状の金属製品を製造するにあたり、製造ライン内に設置された材質センサにより金属材料の材質を測定し、この測定値を、当該金属材料の加熱条件、加工条件及び冷却条件の実績に基づき材質モデルにより計算した当該測定位置の材質の推定値と比較し、この比較結果に基づいて前記材質モデルに修正を加え、以降は修正後の材質モデルを用いて前記各工程の加熱条件、加工条件及び冷却条件を決定することを特徴とする圧延、鍛造又は矯正ラインの材質制御方法。
- [3]      金属材料を加熱する加熱工程と、金属材料を圧延、鍛造若しくは矯正加工する加工工程と、金属材料を冷却する冷却工程とを各々少なくとも1回ずつ実施し、所望の寸法形状の金属製品を製造するにあたり、製造ライン内に設置された材質センサにより金属材料の材質を測定し、前記材質センサより下流の任意位置に設けられた材質管理ポイントにおける材質が目標値に一致するように、前記測定値に基づき前記材質センサより下流の少なくとも一つの工程の加熱条件、加工条件又は冷却条件を材質モデルを用いて計算することを特徴とする圧延、鍛造又は矯正ラインの材質制御方法。
- [4]      金属材料を加熱する加熱工程と、金属材料を圧延、鍛造若しくは矯正加工する加工工程と、金属材料を冷却する冷却工程とを各々少なくとも1回ずつ実施し、所望の寸法形状の金属製品を製造するにあたり、製造ライン内に設置された材質センサにより金属材料の材質を測定し、前記材質センサより下流の任意位置に設けられた材

質管理ポイントにおける材質が目標値に一致するように、前記測定値に基づき前記材質センサより下流の少なくとも一つの工程の加熱条件、加工条件又は冷却条件に修正を加えることを特徴とする圧延、鍛造又は矯正ラインの材質制御方法。

- [5] 製造ラインは圧延機を用いる加工工程の直後に冷却水による冷却工程を備え、加工工程と冷却工程の間及び冷却工程の出側の両方若しくはいずれか片方に材質センサを配置することを特徴とする請求項1〜請求項4のいずれかに記載の圧延ラインの材質制御方法。
- [6] 材質センサは超音波送信手段、超音波受信手段及び信号処理手段を備え、金属材料内における超音波の伝播特性に基づき材質を検出することを特徴とする請求項1〜請求項5のいずれかに記載の圧延、鍛造又は矯正ラインの材質制御方法。
- [7] 材質センサで検出する材質は超音波伝播経路上の金属結晶の結晶粒径であることを特徴とする請求項6記載の圧延、鍛造又は矯正ラインの材質制御方法。
- [8] 超音波送信手段はパルスレーザ光を金属材料の表面に照射することにより超音波を発生させることを特徴とする請求項7記載の圧延、鍛造又は矯正ラインの材質制御方法。
- [9] 超音波受信手段は金属材料の表面にレーザ光を照射し、その反射光と照射光の位相差に基づいて金属材料表面の超音波振動を検出することを特徴とする請求項7記載の圧延、鍛造又は矯正ラインの材質制御方法。
- [10] 加熱工程では誘導加熱により材料を加熱するようにしたことを特徴とする請求項1〜請求項9のいずれかに記載の圧延、鍛造又は矯正ラインの材質制御方法。
- [11] 金属材料は鉄系合金、アルミニウム系合金、銅系合金、又はチタン系合金の何れかであることを特徴とする請求項1〜請求項10のいずれかに記載の圧延、鍛造又は矯正ラインの材質制御方法。
- [12] 加熱工程では誘導加熱装置により鉄鋼材料を加熱するようにしたことを特徴とする請求項1〜請求項9のいずれかに記載の鉄鋼熱間圧延ラインの材質制御方法。
- [13] 金属材料を加熱する加熱手段、金属材料を圧延、鍛造若しくは矯正加工する加工手段、及び、金属材料を冷却する冷却手段とを各々少なくとも1つずつ備え、所望の寸法形状の金属製品を製造する製造ラインに接続され、上位計算機から与えられる



金属材料の寸法形状、製品の目標寸法形状及び金属材料の組成等の情報に基づいて、前記加熱手段、前記加工手段、及び、前記冷却手段の設定値を計算し出力する設定計算手段と、前記設定値に基づいて加熱装置、加工装置、及び、冷却装置を操作する加熱コントローラ、加工コントローラ及び冷却コントローラを備えた制御装置において、

製造ライン内に設置され金属材料の材質を測定する材質センサと、前記材質センサの測定値が目標値に一致するように、前記設定計算が前記材質センサより上流側の加熱手段、加工手段及び冷却手段に対して出力する設定値を補正する加熱補正手段、加工補正手段及び冷却補正手段とを備えたことを特徴とする圧延、鍛造又は矯正ラインの材質制御装置。

- [14] 金属材料を加熱する加熱手段、金属材料を圧延、鍛造若しくは矯正加工する加工手段、及び、金属材料を冷却する冷却手段とを各々少なくとも1つずつ備え、所望の寸法形状の金属製品を製造する製造ラインに接続され、上位計算機から与えられる金属材料の寸法形状、製品の目標寸法形状及び金属材料の組成等の情報に基づいて、前記加熱手段、前記加工手段、及び、前記冷却手段の設定値を計算し出力する設定計算手段と、前記設定値に基づいて加熱装置、加工装置、及び、冷却装置を操作する加熱コントローラ、加工コントローラ及び冷却コントローラを備えた制御装置において、

製造ライン内に設置され、金属材料の材質を測定する材質センサと、当該金属材料の加熱条件、加工条件及び冷却条件の実績に基づき材質モデルにより当該測定位置の材質を推定する材質モデル演算手段と、前記材質センサの測定値と前記材質モデル演算手段の演算結果を比較し材質モデルの誤差を学習する材質モデル学習手段と、前記材質モデル学習手段の学習結果に基づき、前記材質モデル演算手段の演算結果に補正を加え、前記材質モデルに補正を加える材質モデル補正手段とを備え、前記設定計算手段は前記材質モデル補正手段の出力する修正後の材質推定値に基づき、前記加熱手段、前記加工手段、及び、前記冷却手段の設定値を計算し出力するようにしたことを特徴とする圧延、鍛造又は矯正ラインの材質制御装置。

- [15] 金属材料を加熱する加熱手段、金属材料を圧延、鍛造若しくは矯正加工する加工手段、及び、金属材料を冷却する冷却手段とを各々少なくとも1つずつ備え、所望の寸法形状の金属製品を製造する製造ラインに接続され、上位計算機から与えられる金属材料の寸法形状、製品の目標寸法形状及び金属材料の組成等の情報に基づいて、前記加熱手段、前記加工手段、及び、前記冷却手段の設定値を計算し出力する設定計算手段と、前記設定値に基づいて加熱装置、加工装置、及び、冷却装置を操作する加熱コントローラ、加工コントローラ及び冷却コントローラを備えた制御装置において、

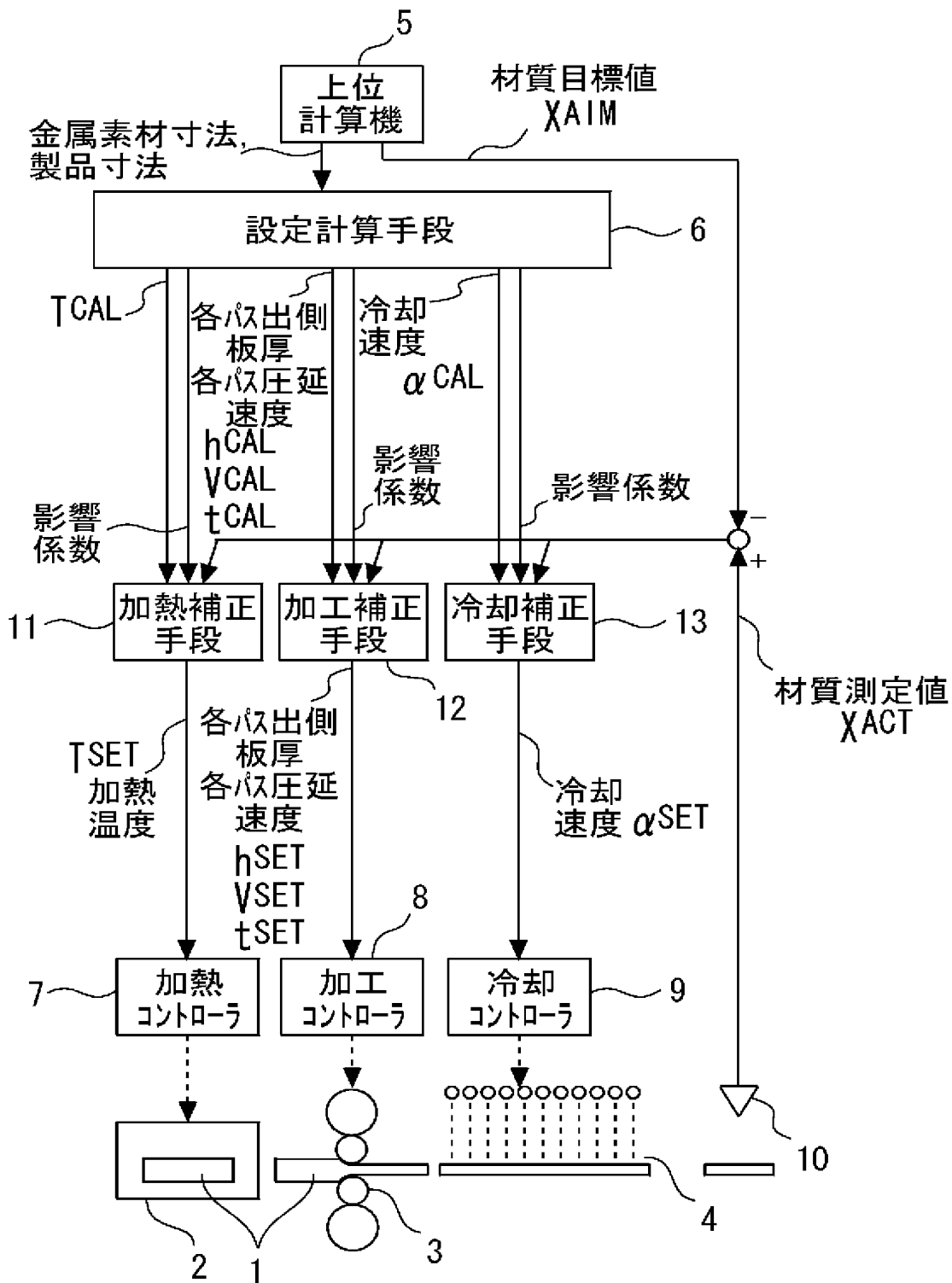
製造ライン内に設置され金属材料の材質を測定する材質センサと、前記材質センサの測定値に基づき前記材質センサより下流の任意の位置に設けられた材質管理ポイントにおける材質を材質モデルにより推定する材質モデル演算手段とを備え、前記設定計算手段は、前記材質モデル演算手段の演算結果が上位計算機から与えられる材質目標値に一致するように、前記加熱手段、前記加工手段、及び、前記冷却手段の設定値を計算し出力するようにしたことを特徴とする圧延、鍛造又は矯正ラインの材質制御装置。

- [16] 金属材料を加熱する加熱手段、金属材料を圧延、鍛造若しくは矯正加工する加工手段、及び、金属材料を冷却する冷却手段とを各々少なくとも1つずつ備え、所望の寸法形状の金属製品を製造する製造ラインに接続され、上位計算機から与えられる金属材料の寸法形状、製品の目標寸法形状及び金属材料の組成等の情報に基づいて、前記加熱手段、前記加工手段、及び、前記冷却手段の設定値を計算し出力する設定計算手段と、前記設定値に基づいて加熱装置、加工装置、及び、冷却装置を操作する加熱コントローラ、加工コントローラ及び冷却コントローラを備えた制御装置において、

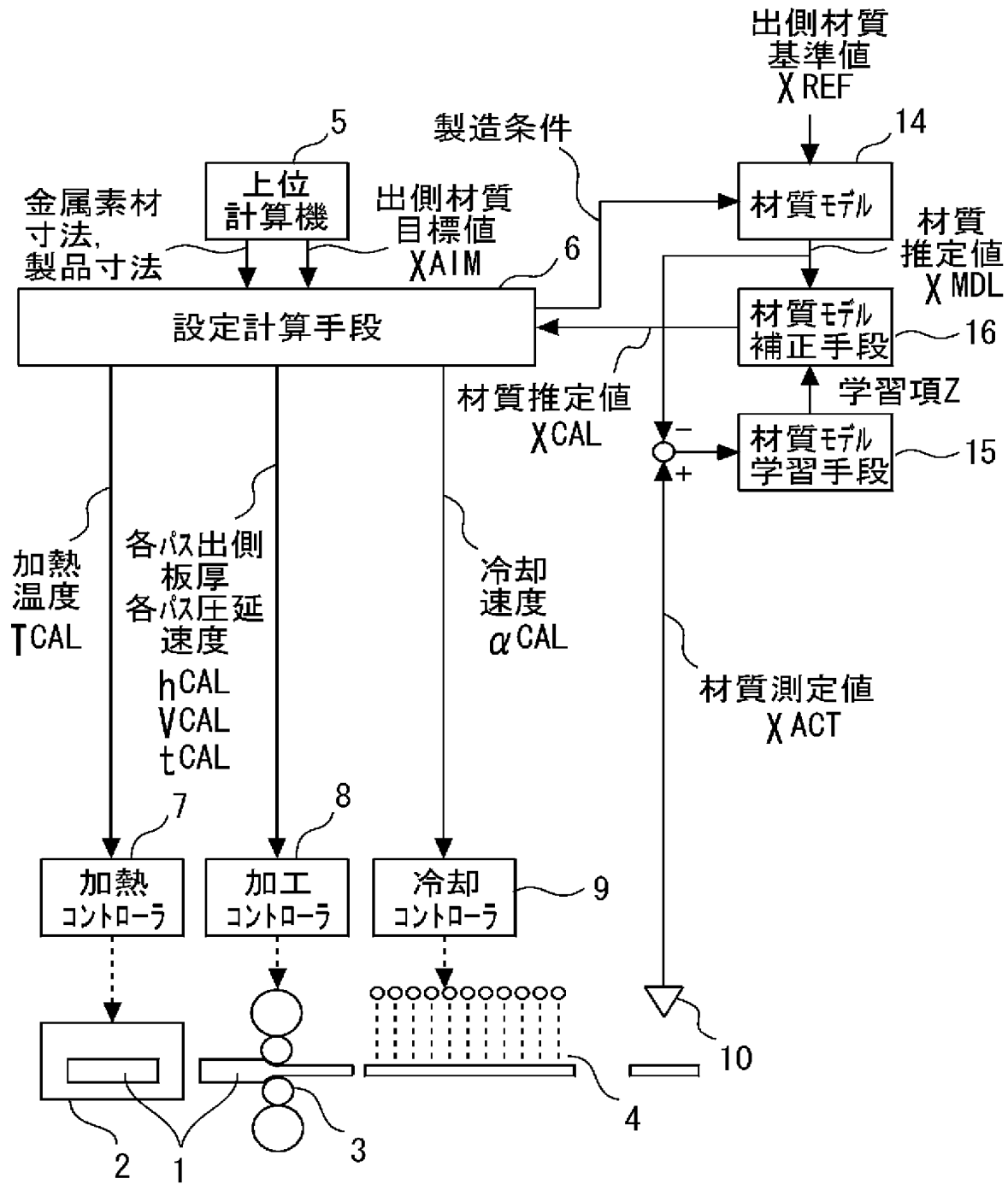
製造ライン内に設置され金属材料の材質を測定する材質センサと、前記材質センサより下流の任意位置に設けられた材質管理ポイントにおける材質が上位計算機から与えられる目標値に一致するように、前記設定計算が前記材質センサより下流側の加熱手段、加工手段及び冷却手段に対して出力する設定値を補正する加熱補正手段、加工補正手段及び冷却補正手段とを備えたことを特徴とする圧延、鍛造又は

矯正ラインの材質制御装置。

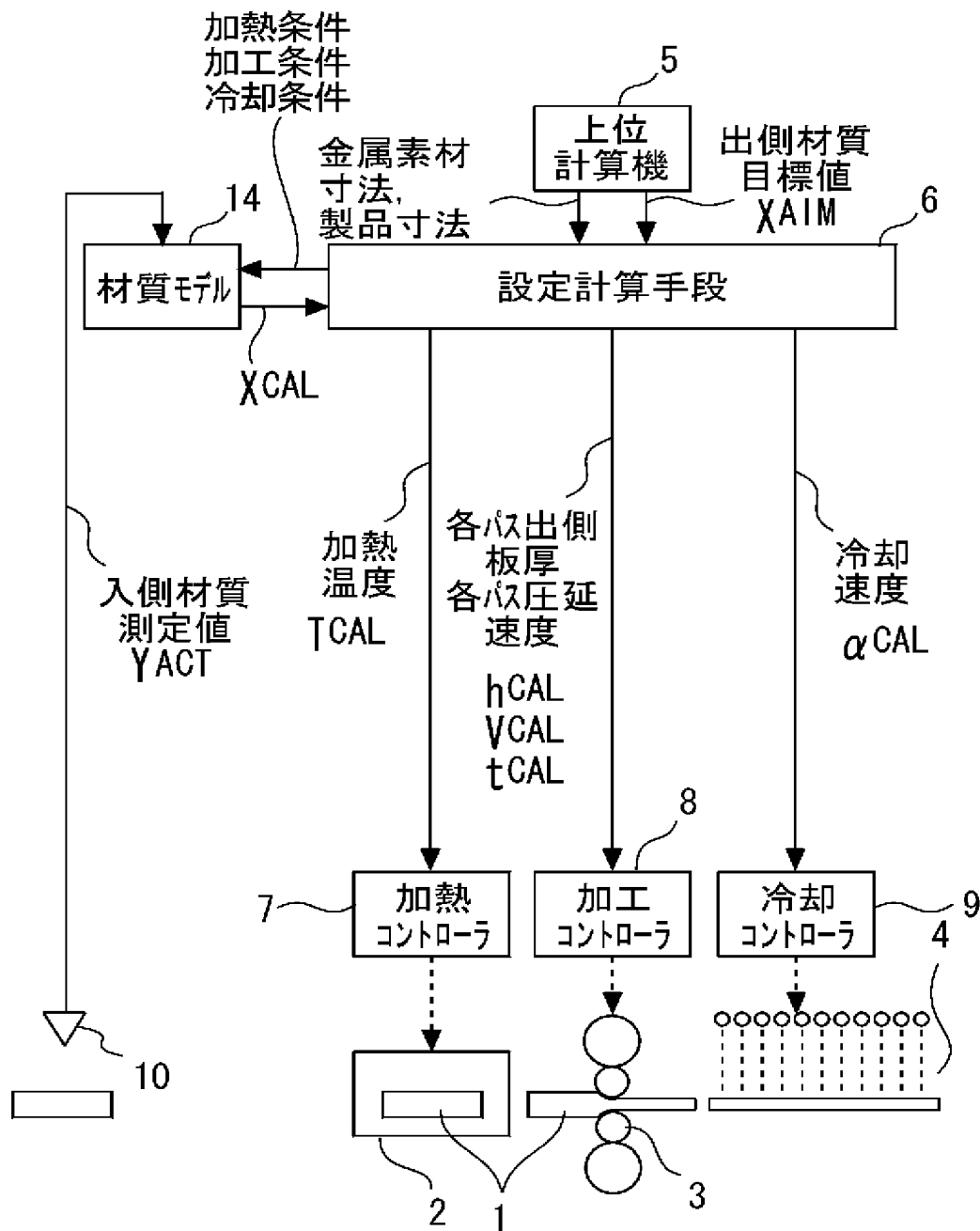
[図1]



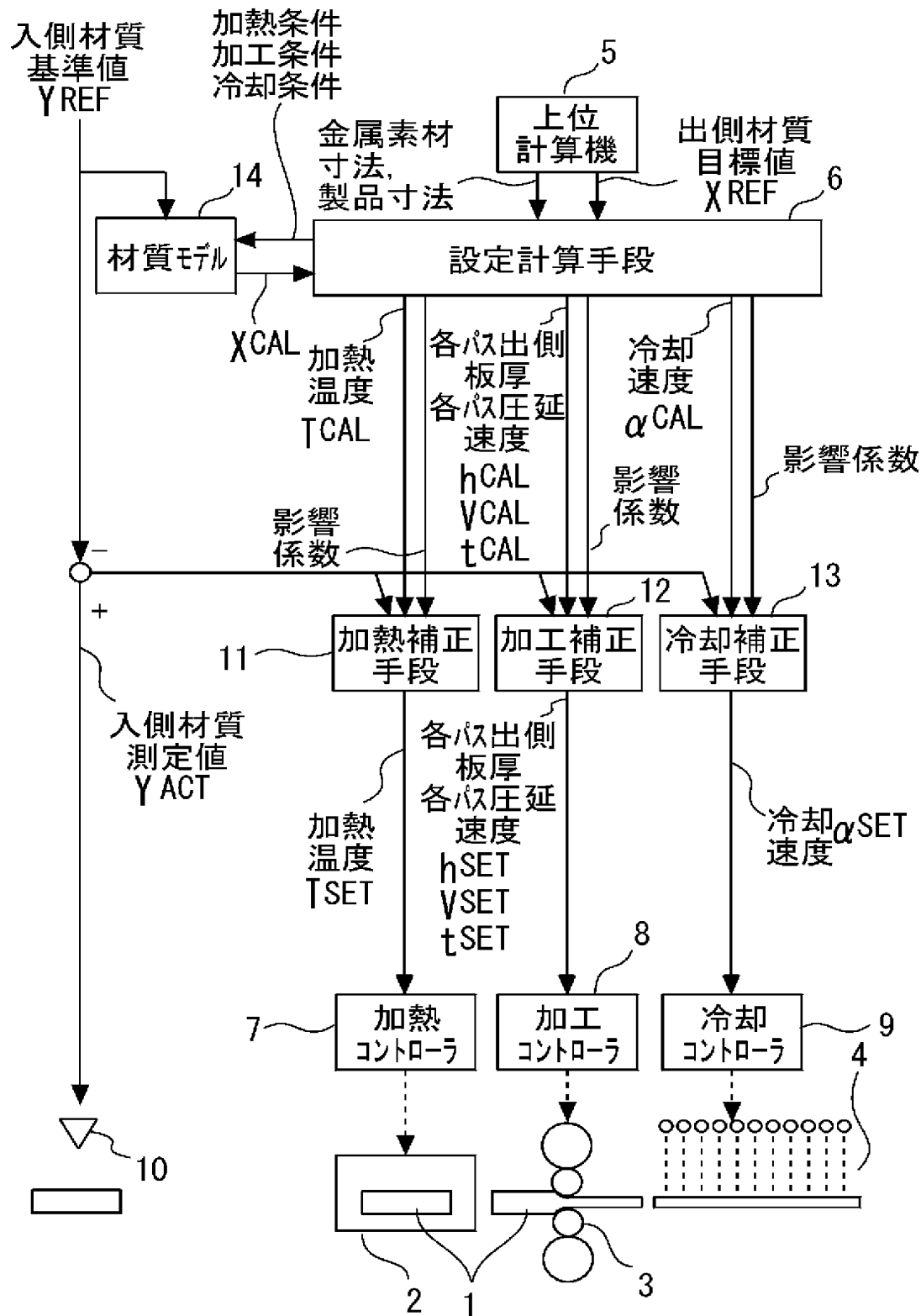
[図2]



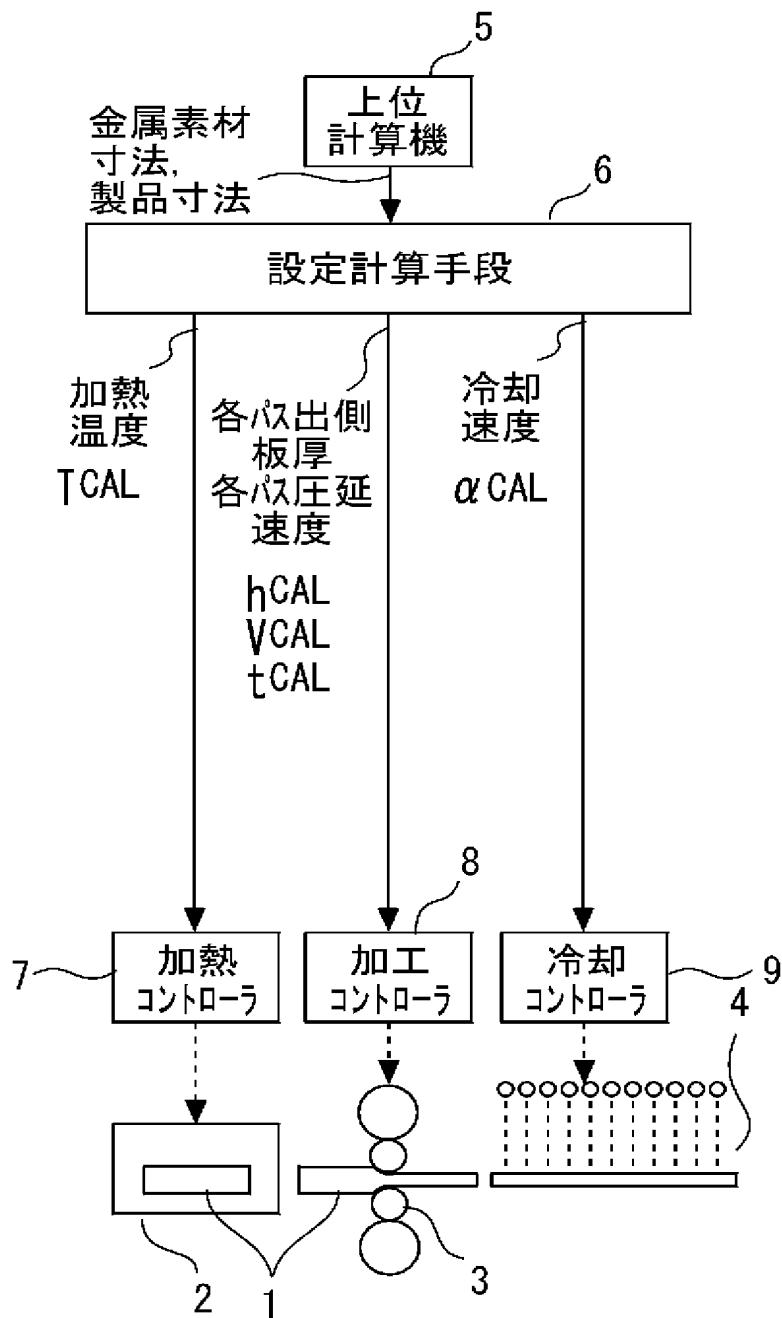
[図3]



[図4]



[図5]





## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/015169

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl.<sup>7</sup> B21B37/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.<sup>7</sup> B21B37/00-37/78, G01N33/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X <u>Y</u>	JP 2003-268428 A (JFE Suchiru Kabushiki Kaisha), 25 September, 2003 (25.09.03), Claims; Par Nos. [0006] to [0010], [0016] (Family: none)	1-5, 10-16 <u>6-9</u>
Y	JP 57-57255 A (Kawasaki Steel Corp.), 06 April, 1982 (06.04.82), Claims (Family: none)	6-9
Y	JP 2001-255306 A (Director General of National Institute of Advanced Industrial Science and Technology), 21 September, 2001 (21.09.01), Claims (Family: none)	6-9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
11 January, 2005 (11.01.05)Date of mailing of the international search report  
25 January, 2005 (25.01.05)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> B 2 1 B 3 7 / 0 0

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> B 2 1 B 3 7 / 0 0 - 3 7 / 7 8

G 0 1 N 3 3 / 2 0

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2004年

日本国登録実用新案公報 1994-2004年

日本国実用新案登録公報 1996-2004年

## 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 2003-268428 A (J F E スチール株式会社)	1-5,10-16
Y	2003.09.25 特許請求の範囲、【0006】 - 【0010】、【0016】 (ファミリーなし)	6-9
Y	JP 57-57255 A (川崎製鉄株式会社)	6-9
	1982.04.06 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	
Y	JP 2001-255306 A (経済産業省産業技術総合研究所長)	6-9
	2001.09.21 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

11. 01. 2005

国際調査報告の発送日

25. 1. 2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

國方 康伸

4 E

9 4 4 2

電話番号 03-3581-1101 内線 3423